

APPLICATION FOR UNITED STATES LETTERS PATENT

INVENTOR: Werner LEHNER, Anton KUMMER and Jörg VELTEN

TITLE: DEVICE AND METHOD FOR MONITORING A DETECTION RANGE
ON AN OPERATING TOOL

ATTORNEY: VENABLE
Post Office Box 34385
Washington, DC 20043-9998
Telephone: (202) 962-4800
Telefax : (202) 962-8300

ATTORNEY
DOCKET: 31833-169020 RK

SPECIFICATION

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

This application claims the priority of German Patent Application No. 100 00 287.0-53
filed January 7, 2000, the subject matter of which is incorporated herein by reference.

09755197.010801

5 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem
Arbeitsmittel mit wenigstens einer Kamera (5) zur fortlaufenden Erfas-
sung des Erfassungsbereichs (6), mit einer Auswerteeinheit, in welche
10 von der Kamera (5) erzeugte Bildinformationen eingelesen werden, an-
hand derer durch Vergleich mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten
Referenzbildern und/oder durch eine Farbmerkmalsanalyse sicherheits-
kritische Objekte innerhalb wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb
des Erfassungsbereichs (6) erfassbar sind, wobei bei Detektion wenig-
15 stens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone (7) das
Arbeitsmittel
über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt ist, und wobei das Ar-
beitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt ist, falls sich kein
sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Schutzzone (7) befindet.
20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von der
Auswerteeinheit ein Schalt Ausgang zum Arbeitsmittel geführt ist, welcher
in Abhängigkeit davon, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der
Schutzzone (7) befindet oder nicht, einen definierten Schaltzustand ein-
nimmt, wobei in Abhängigkeit dieses Schaltzustands das Arbeitsmittel in
25 Betrieb oder außer Betrieb gesetzt ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeich-
net, dass innerhalb des von der Kamera (5) erfassten Überwachungsbe-
reichs neben der Schutzzone (7) wenigstens eine Warnzone (8) definiert
ist, wobei bei einem in der Warnzone (8) befindlichen sicherheitskriti-
schen Objekt über die Auswerteeinheit ein Warmmelder aktiviert wird.
30

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Warn-
melder über einen Warnausgang an die Auswerteeinheit angeschlossen
ist, wobei der Warnmelder in Abhängigkeit des Schaltzustands des
Warnausgangs aktiviert oder deaktiviert ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,
dass der Warnmelder ein optisches und/oder akustisches Warnsignal
abgibt.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 5, dadurch gekennzeichnet,
dass die Warnzone (8) an die Schutzzone (7) angrenzt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für ein si-
cherheitskritisches Objekt innerhalb der Warnzone (8) dessen Bewe-
gungsrichtung erfassbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Akti-
vierung des Warnmelders nur dann erfolgt, wenn sich ein sicherheitskriti-
sches Objekt innerhalb der Warnzone (8) auf die Schutzzone (7) zu be-
wegt.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 8, dadurch gekennzeichnet,
dass jeweils mehrere Schutzzonen (7) und Warnzonen (8) vorgesehen
sind, wobei jeweils einer Schutzzone (7) ein Schaltausgang und jeder
Warnzone (8) ein Warnausgang zugeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Ar-
beitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt ist, falls sich in
wenigstens einer Schutzzone (7) ein sicherheitskritisches Objekt befindet.

- 5
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen der Schutzzonen (7) und Warnzonen (8) jeweils durch Eingabe von Parameterwerten in die Auswerteeinheit dimensionierbar sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen der Schutzzonen (7) und Warnzonen (8) jeweils durch einen Einlernvorgang vorgebar sind.
- 10
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 – 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltzustände der Schaltausgänge und Warntausgänge durch Anzeigemittel visualisiert sind.
- 15
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 14, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Erfassungsbereichs (6) für vorgegebene Zeitintervalle Bereiche ausblendbar sind, so dass bei Eindringen sicherheitskritischer Objekte in diese Bereiche keine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels über einen Schaltausgang und keine Aktivierung eines Warnmelders über einen Warntausgang erfolgt.
- 20
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 13, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens abschnittsweise geradlinig verlaufende Grenze einer Schutzzone (7) mittels eines sichtbaren Lichtstrahls visualisierbar ist.
- 25
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit mit der Kamera (5) oder den Kameras (5) über ein Sicherheitsbussystem mit der Steuerung des Arbeitsmittels verbunden ist bzw. sind.
- 30
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kamera (5) auf einer mechanischen Halterung formschlüssig

aufsitzt, welche unabhängig von der Kamera (5) in den drei Raumrichtungen justierbar ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 17, dadurch gekennzeichnet,
5 dass der Kamera (5) oder jeder Kamera (5) ein aktives Eigenbeleuchtungssystem zugeordnet ist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 18, dadurch gekennzeichnet,
10 dass das Arbeitsmittel von einer Abkantpresse (1) gebildet ist, welche wenigstens ein Oberwerkzeug (3) aufweist, welches mit wenigstens einem Unterwerkzeug (4) zusammenwirkt.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die
15 Schutzzone (7) die Biegelinie zwischen Ober- (3) und Unterwerkzeug (4) erfasst.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkantpresse (1) mehrere Paare von zusammenwirkenden Ober- (3) und Unterwerkzeugen (4) aufweist, wobei jeweils eine
20 vorgegebene Anzahl derartiger Paare von Ober- (3) und Unterwerkzeugen (4) von einer Kamera (5) überwacht wird.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 18, dadurch gekennzeichnet,
25 dass das Arbeitsmittel von einer Druckmaschine (9) mit einem An- und Ausleger gebildet ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass mittels
wenigstens einer Kamera (5) als Erfassungsbereich (6) des An- (10)
und/oder Auslegers der Druckmaschine (9) erfassbar ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Kamera (5) als Erfassungsbereich (6) der Papiereinzugsbereich am Anleger (10) der Druckmaschine (9) erfassbar ist.
- 5 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsmittel von einem Arbeitsroboter gebildet ist.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 25, dadurch gekennzeichnet, dass die sicherheitskritischen Objekte von Personen gebildet sind.
- 10 27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 26, dadurch gekennzeichnet, dass die sicherheitskritischen Objekte von Händen und/oder Fingern von Personen gebildet sind.
- 15 28. Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem Arbeitsmittel mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 27 umfassend folgende Verfahrensschritte:
Mit wenigstens einer Kamera (5) wird fortlaufend ein Erfassungsbereich (6) erfasst,
20 die bei der Erfassung in der Kamera (5) erzeugte Bildinformation in Form von Farbwerten wird in eine Auswerteeinheit eingelesen, anhand der eingelesenen Farbwerte werden sicherheitskritische Objekte von nicht sicherheitskritischen Objekten unterschieden, bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb
25 wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb des Erfassungsbereichs (6) wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt, wogegen das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone (7) befindet.
- 30 29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass ein von der Kamera (5) erzeugtes Bild in Form einer Matrix von Pixeln mit unter-

schiedlichen Farbwerten in die Auswerteeinheit eingelesen wird, dass in der Auswerteeinheit zur Unterscheidung der sicherheitskritischen Objekte von nicht sicherheitskritischen Objekten die Farbwerte mit einer Schwellwerteeinheit bewertet werden, wodurch aus den eingelesenen Bildern Binärbilder erzeugt werden.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwellwerteeinheit Bestandteil eines neuronalen Netzwerks ist.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Pixel eines in die Auswerteeinheit eingelesenen Bildes drei Farbwerte der Grundfarben Rot, Grün und Blau zugeordnet sind, wobei in der Auswerteeinheit eine Linearkombination der einzelnen, mit vorgebbaren Gewichtungsfaktoren gewichteten Farbwerte gebildet wird, und dass die Linearkombination der Farbwerte mit der Schwellwerteeinheit bewertet wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des Schwellwerts oder der Schwellwerte der Schwellwerteeinheit und/oder der Gewichtungsfaktoren die Farben der sicherheitskritischen Objekte in einem Einlernvorgang eingelesen werden.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 – 31, dadurch gekennzeichnet, dass bei von Personen oder Händen und/oder Fingern von Personen gebildeten sicherheitskritischen Objekten diese mit Schutzkleidung mit einer vorgegebenen Farbe bekleidet sind, wobei der Schwellwert oder die Schwellwerte der Schwellwerteeinheit an die Farbe der Schutzkleidung angepasst wird bzw. werden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 – 33, dadurch gekennzeichnet, dass in einem mittels der Schwellwerteeinheit generierten Binärbild die sicherheitskritischen Objekte ein zusammenhängendes Gebiet von Vordergrundpixeln bilden, und dass in dem dieses Gebiet umgebenden Hin-

tergrund vereinzelte Vordergrundpixel innerhalb von Gebieten mit Hintergrundpixeln mittels morphologischer Operatoren eliminiert werden.

35. Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs (6) an einem Arbeitsmittel mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 27 umfassend folgende Verfahrensschritte:

Mit wenigstens einer Kamera (5) wird fortlaufend ein Erfassungsbereich (6) erfasst,

die bei der Erfassung in der Kamera (5) erzeugte Bildinformation wird in eine Auswerteeinheit eingelesen,

durch Vergleich der Bildinformation mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten Referenzbildern werden innerhalb wenigstens einer Schutzzone (7) innerhalb des Erfassungsbereichs (6) sicherheitskritische Objekte erfasst,

bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone (7) wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt, wogegen das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone (7) befindet.

36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung der Bilder und Referenzbilder diese durch Bewertung der Beträge der Gradienten deren Helligkeitsverteilungen in binäre Kantenbilder gewandelt werden.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzzone (7) von einem Referenzobjekt mit definiertem Kontrastmuster begrenzt ist, welches zumindest einen Teil des oder eines Referenzbildes bildet.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 35 – 37, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Einlernvorgangs die Bearbeitungsschritte bei der Be-

arbeitung eines ein nicht sicherheitskritisches Objekt bildenden Werkstückes (2) mit dem Arbeitsmittel mittels der Kamera (5) erfasst werden und dass zur Unterscheidung der sicherheitskritischen Objekte von nicht sicherheitskritischen Objekten die dabei erfassten Bilder mit den jeweiligen während des Einlernvorgangs aufgenommenen Referenzbildern verglichen werden.

5

39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutz-
zonen (7) und/oder die Warnzonen (8) während der Abfolge der Bear-
beitungsschritte zeitlich veränderlich sind.

10

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 – 39, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Funktionsüberprüfung in vorgegebenen Zeitabständen ein
Selbsttest durchgeführt wird.

15

41. Verfahren nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass ein statischer
Selbsttest durchgeführt wird, bei welchem das Vorhandensein vorgege-
bener Fixpunkte in den von der oder einer Kamera (5) generierten Bil-
dern abgeprüft wird.

20

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 oder 41, dadurch gekennzeich-
net, dass ein dynamischer Selbsttest durchgeführt wird, bei welchem zu
vorgegebenen Zeiten abgeprüft wird, ob ein in die Schutzzone (7) einge-
brachtes Testobjekt erkannt wird.

25

Leuze lumiflex GmbH + Co.
D-80993 München

- 5 Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel.

10

- Das Arbeitsmittel kann beispielsweise von einer Abkantpresse gebildet sein, die wenigstens ein Ober- und Unterwerkzeug aufweist, welche zum Biegen und Abkanten von insbesondere als Blechteile ausgebildeten Werkstücken zusammenwirken. Hierzu wird bei einer Pressbewegung das Oberwerkzeug gegen das
- 15 Unterwerkzeug geführt, wodurch ein dazwischen liegendes Blechteil entlang einer Biegelinie verformt wird. Derartige Abkantpressen stellen ein hohes Gefahrenpotential für die jeweilige Bedienperson dar, da diese das Werkstück üblicherweise während der Pressbewegung manuell führen muss. Dadurch befinden sich insbesondere die Hände und Finger der Bedienperson im Bereich
- 20 des Ober- und Unterwerkzeugs oder im Bereich von Quetsch- und Scherstellen der Abkantpresse oder des Werkstücks, wodurch die Gefahr erheblicher Verletzungen der Bedienperson besteht.

- Zur Absicherung derartiger Erfassungsbereiche werden üblicherweise Schutz-
- 25 einrichtungen eingesetzt, die bei einem unkontrollierten Eingriff der Bedienperson in einen derartigen Erfassungsbereich das Arbeitsmittel außer Betrieb setzen.

- Derartige Schutzeinrichtungen können insbesondere als Zweihandschaltungen ausgebildet sein. Diese Zweihandschaltungen schützen die Hände der Bedien-
- 30 person dadurch, dass zum Auslösen und Aufrechterhalten einer gefahrbringenden Bewegung an einer Abkantpresse zwei Hebel betätigt werden müssen. Da-

durch muss die Bedienperson beide Hände an den Hebeln halten und ist so bei der Bedienung der Abkantpresse vor Verletzungen geschützt.

Nachteilig hierbei ist jedoch, dass weitere Personen im Erfassungsbereich ungeschützt sind. Zudem ist nachteilig, dass die Bedienperson das Werkstück während der Bearbeitung nicht mehr manuell führen kann, was als umständlich empfunden wird. Daher wird die Schutzeinrichtung oftmals von der Bedienperson außer Kraft gesetzt, um dann ungeschützt das Werkstück im Erfassungsbereich führen zu können.

Weiterhin werden als Schutzeinrichtungen Sicherheits-Lichtvorhänge eingesetzt. Ein derartiger Sicherheits-Lichtvorhang ist beispielsweise aus der DE 39 39 191 C3 bekannt. Diese Sicherheits-Lichtvorhänge bestehen aus mehreren Paaren von Sendern und Empfängern, welche jeweils eine Lichtschranke bilden.

Mit den von den Sendern emittierten und auf die jeweils zugeordneten Empfänger gerichteten Sendelichtstrahlen wird ein ebener, zweidimensionaler Überwachungsbereich abgedeckt. Damit kann erfasst werden, wenn eine Hand sich einem Erfassungsbereich nähert, wobei dann das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt wird.

Üblicherweise ist ein derartiger Sicherheits-Lichtvorhang vertikal angeordnet und wirkt so als Zugriffsschutz an einer Abkantpresse. Bei der Bearbeitung von größeren Teilen ist es vorteilhaft, den Sicherheits-Lichtvorhang horizontal als Bereichssicherung anzuordnen. Nachteilig ist, dass zu einer kompletten Absicherung des Erfassungsbereichs an dieser Abkantpresse, insbesondere hinsichtlich des Zugriffsschutzes und der Bereichssicherung eine Vielzahl von Sicherheits-Lichtvorhängen benötigt wird. Dies stellt nicht nur einen unerwünschten hohen Kostenaufwand dar, sondern erfordert auch eine aufwendige

Montage, wobei oftmals nur unzureichend Platz für deren Anbringung zur Verfügung steht.

5 Die DE 196 19 688 A1 betrifft ein Verfahren zur Videoüberwachung von Bedienungsräumen, z.B. einer Presse, wobei mittels einer Videokamera der zu überwachende Bedienungsraum optisch erfasst und ein elektronisch verarbeitbares Bild des freien Bedienungsraumes erzeugt wird, das von der Kamera einem Bildprozessor zugeführt und in diesem abgespeichert wird.

10 Vor jeder Inbetriebnahme der Presse wird erneut von der Videokamera ein Bild des Bedienungsraumes aufgenommen und das erzeugte Bild im Bildprozessor mit dem abgespeicherten Bild verglichen. Die Presse kann nur dann in Betrieb genommen werden, wenn das neue Bild mit dem abgespeicherten Bild identisch ist.

15 Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass bei jeder Abweichung eines aktuellen Bildes vom Referenzbild die Presse stillsteht, selbst wenn die Abweichung keinerlei Gefahr für die jeweilige Bedienperson bedeuten würde. Ein derartiges System weist eine sehr geringe Verfügbarkeit auf, so dass die Betriebszeiten der Presse unnötig eingeschränkt werden.

20

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zu schaffen, welches eine sichere Überwachung eines Erfassungsbereiches an einem Arbeitsmittel gewährleistet ohne dessen Verfügbarkeit unnötig einzuschränken.

25

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale der Ansprüche 1 und 26 vorgesehen. Vorteilhafte Ausführungsformen und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfindungsgemäß wird zur Überwachung eines Erfassungsbereichs an einem Arbeitsmittel wenigstens eine Kamera eingesetzt, mittels derer fortlaufend der Erfassungsbereich erfasst wird.

- 5 Die bei der Erfassung in der Kamera erzeugte Bildinformation wird in eine Auswerteeinheit eingelesen.

Anhand dieser Bildinformation werden durch Vergleich mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten Referenzbildern und/oder durch eine Farbmerkmalsanalyse sicherheitskritische Objekte innerhalb wenigstens einer Schutzzone innerhalb des Erfassungsbereichs erfasst.

10

Bei Detektion wenigstens eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Schutzzone wird das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit außer Betrieb gesetzt, wogegen das Arbeitsmittel über die Auswerteeinheit in Betrieb gesetzt wird, falls sich kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone befindet.

15

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung besteht darin, dass an dem Arbeitsmittel ein dreidimensionaler Erfassungsbereich erfassbar ist. Dabei können mehrere Überwachungsfunktionen von einer Kamera übernommen werden. Insbesondere lässt sich durch eine geeignete Wahl des von einer Kamera erfassten Überwachungsbereichs sowohl ein Zugriffsschutz als auch eine Bereichssicherung im Bereich des Arbeitsmittels realisieren.

20

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass innerhalb des von einer Kamera erfassten Erfassungsbereichs sicherheitskritische Objekte, wie zum Beispiel Hände oder Finger einer Person, von nicht sicherheitskritischen Objekten unterschieden werden können. Diese Unterscheidung erfolgt zum einen durch die erfindungsgemäße Farbmerkmalsanalyse. Zum anderen können die Referenzbilder derart gewählt werden, dass diese die in einer Schutzzone befindlichen nicht sicherheitskritischen Objekte erfassen. Dann können durch Vergleich der aktu-

25

30

ellen Bildinformationen mit den Referenzbildern die sicherheitskritischen Objekte separiert und erfasst werden.

Prinzipiell kann zur Beurteilung, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone befindet, die Bildinformation entweder durch einen Vergleich mit Referenzbildern oder mittels einer Farbmerkmalsanalyse ausgewertet werden.

Besonders vorteilhaft werden die beiden Verfahren in Kombination ausgewertet. Dadurch kann die Nachweisempfindlichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erheblich gesteigert werden.

Beispielsweise kann die Freigabe des Arbeitsmittels nur dann erfolgen, wenn bei beiden Verfahren kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone detektiert wird. Die Gefahr einer Nichtdetektion eines sicherheitskritischen Objektes kann dadurch erheblich reduziert werden.

Eine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels über die erfindungsgemäße Schutzeinrichtung erfolgt nur dann, wenn ein sicherheitskritisches Objekt in eine Schutzzone innerhalb des Erfassungsbereichs eindringt.

Im einfachsten Fall erstreckt sich die Schutzzone über den gesamten von der Kamera erfassten Erfassungsbereich. Besonders vorteilhaft wird durch Eingabe von Parametern in die Auswerteeinheit oder durch einen Einlernvorgang die Schutzzone als definierter Teilausschnitt des Erfassungsbereichs dimensioniert. Die Schutzzone kann so auf die jeweils zu erfassenden Gefahrenstellen genau zugeschnitten werden. Dadurch wird eine Überwachung in nicht sicherheitskritischen Raumbereichen vermieden, wodurch die Verfügbarkeit der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung beträchtlich erhöht wird ohne dass das Sicherheitsniveau bei der Überwachung verringert wird.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann der Schutzzone wenigstens eine Warnzone zugeordnet sein, wobei die Warnzone vorzugsweise unmittelbar an die Schutzzone anschließt. Bei Eindringen eines sicherheitskritischen Objekts in die Warnzone erfolgt die Abgabe eines Warnsignals, welches
 5 eine Vorwarnmeldung bildet, die die Bedienperson oder Dritte vor Eindringen eines sicherheitskritischen Objekts in die Schutzzone warnt. Dadurch kann die Bedienperson geeignete Maßnahmen ergreifen, um ein Eindringen des sicherheitskritischen Objekts in die Schutzzone und damit ein Außerbetriebsetzen des Arbeitsmittels zu verhindern. Dadurch lassen sich unnötige Standzeiten des
 10 Arbeitsmittels verhindern.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung können entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Applikation innerhalb eines Erfassungsbereichs auch mehrere Schutzzonen und Warnzonen vorgesehen sein, wobei eine Au-
 15 ßerbetriebsetzung des Arbeitsmittels dann erfolgt, wenn in wenigstens einer Schutzzone ein sicherheitskritisches Objekt erfasst wird. Entsprechend erfolgt eine Warnsignalabgabe, wenn in wenigstens einer Warnzone ein sicherheitskritisches Objekt erfasst wird.

20 Die Erfindung wird im nachstehenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1: Frontansicht eines von einer Abkantpresse gebildeten Arbeitsmittels mit zwei vor diesem angeordneten Kameras zur Überwachung
 25 von Erfassungsbereichen.

Figur 2: Seitenansicht der Anordnung gemäß Figur 1.

Figur 3: Querschnitt durch einen Ausschnitt der Anordnung gemäß Figur 1 mit jeweils einer innerhalb eines Erfassungsbereichs liegenden Schutzzone und Warnzone.
 30

Figur 4: Ein als Druckmaschine ausgebildetes Arbeitsmittel mit einer Kamera zur Überwachung eines sich über den Bereich des Anlegers und Auslegers der Druckmaschine erstreckenden Überwachungs-

5

Figur 5: Druckmaschine gemäß Figur 4 mit zwei Kameras zur Überwachung des Bereichs des Auslegers und des Anlegers.

Figur 6: Von einer Kamera überwachter Bereich des Papiereinzugs am Anleger der Druckmaschine gemäß Figur 4 oder 5.

10

Figur 7: Ein als Schweißroboter ausgebildetes Arbeitsmittel mit einer Kamera zur Überwachung eines Erfassungsbereichs im Zugangs-

15

bereich zum Schweißroboter.

In den Figuren 1 – 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines als Abkantpresse 1 ausgebildeten Arbeitsmittels dargestellt, welches mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Vermeidung von Gefährdungen einer Bedienperson überwacht wird.

20

Die Abkantpresse 1 dient zum Biegen und Formen von Werkstücken 2, insbesondere von Blechteilen. Die Formung eines Werkstücks 2 erfolgt jeweils mittels eines Oberwerkzeugs 3 und eines mit diesem zusammenwirkenden Unterwerkzeugs 4. Bei einer Pressbewegung werden das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 gegeneinander geführt, so dass ein dazwischenliegendes Werkstück 2 entlang einer Biegelinie abgekantet oder gebogen wird.

25

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die Abkantpresse 1 vier nebeneinander liegende Paare von Ober- 3 und Unterwerkzeugen 4 auf. Zur Bearbeitung der Werkstücke 2 werden diese üblicherweise von Bedienpersonen in vorgege-

30

benen Positionen zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 eingebracht. Dadurch besteht für die jeweilige Bedienperson insbesondere die Gefahr von schwerwiegenden Verletzungen durch Einbringen der Hände oder Finger in den Bereich zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4. Desweiteren birgt die Bewegung
5 des Werkstücks 2 während des Pressvorgangs ein erhebliches Verletzungsrisiko der Bedienperson.

Zur Sicherung der Bedienperson ist die erfindungsgemäße Vorrichtung vorgesehen, welche eine berührungslose Schutzeinrichtung bildet.

10

Die Vorrichtung umfasst wenigstens eine Kamera 5, welche vorzugsweise von einer Videokamera gebildet ist. Mit dieser Kamera 5 wird entsprechend dem Öffnungswinkel der nicht dargestellten Optik der Kamera 5 ein Erfassungs-
bereich 6 am Arbeitsmittel erfasst. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind vor
15 der Abkantpresse 1 zwei Kameras 5 vorgesehen, wobei von jeder Kamera 5 ein Erfassungsbereich 6 erfasst wird, in welchem jeweils zwei Paare von Ober- 3 und Unterwerkzeugen 4 liegen.

20

Wie aus den Figuren 1 - 3 ersichtlich ist, bildet der von einer Kamera 5 überwachte Erfassungsbereich 6 einen dreidimensionalen Raumbereich, dessen Grundfläche einen rechteckigen Querschnitt aufweist. Die Längsseite des Erfassungsbereichs 6 verläuft dabei entlang der Biegelinien der im Erfassungs-
bereich 6 liegenden Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4. Die Querschnittsfläche des Erfassungsbereichs 6 verjüngt sich nach oben zur Kamera 5 hin entsprechend
25 dem Öffnungswinkel der Optik der Kamera 5.

30

Die Kamera 5 ist in einem Gehäuse integriert, welches formschlüssig auf einer nicht dargestellten mechanischen Halterung so aufsitzt, dass diese schräg oberhalb der Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 angeordnet ist. Zur Ausrichtung der Kamera 5 auf die Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 ist die mechanische Halterung
in allen drei Raumrichtungen justierbar. Die Justierung erfolgt dabei unabhän-

gig von der Kamera 5, so dass auch bei einem Auswechseln der Kameras 5 an der Halterung die Justierung erhalten bleibt.

Jeder Kamera 5 kann ein nicht dargestelltes Eigenbeleuchtungssystem zugeordnet sein, um eine gleichmäßige Ausleuchtung des jeweiligen Erfassungsreichs 6 zu erhalten.

In dem Gehäuse der Kamera 5 ist eine ebenfalls nicht dargestellte Auswerteeinheit zur Auswertung der von der Kamera 5 genannten Bildinformationen vorgesehen. Die Auswerteeinheit ist von einem Mikroprozessor oder dergleichen gebildet.

In der Auswerteeinheit werden die Bildinformationen derart ausgewertet, dass sicherheitskritische Objekte erfasst werden können. Insbesondere erfolgt dabei eine Unterscheidung von sicherheitskritischen und nicht sicherheitskritischen Objekten. Zu den sicherheitskritischen Objekten zählen die Bedienpersonen, vorzugsweise die Hände oder Finger einer Bedienperson. Nicht sicherheitskritische Objekte bilden beispielsweise die Frontwände der Abkantpresse 1 oder sonstige statische Objekte im Umfeld der Abkantpresse 1, insbesondere auch die zu bearbeitenden Werkstücke 2.

Erfindungsgemäß wird in der Auswerteeinheit abgeprüft, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in einer Schutzzone 7 innerhalb des Erfassungsbereichs 6 befindet. Ist dies der Fall, so wird über die Auswerteeinheit zum Schutz der Bedienperson das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt. Befindet sich dagegen kein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone 7, so wird der Betrieb des Arbeitsmittels über die Auswerteeinheit freigegeben.

Hierzu wird über einen an die Auswerteeinheit angeschlossenen Schaltausgang ein binäres Schaltsignal an die Steuerung des Arbeitsmittels ausgegeben.

- Die Auswertung in der Auswerteeinheit erfolgt dabei derart, dass in Abhängigkeit davon, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone 7 befindet oder nicht, das binäre Schaltsignal einen bestimmten Schaltzustand aufweist. Der jeweilige Schaltzustand wird an die Steuerung des Arbeitsmittels ausgegeben, worauf dieses in Betrieb oder außer Betrieb gesetzt wird. Zweckmäßigerweise ist der Schaltausgang über ein Bussystem an die Steuerung des Arbeitsmittels angeschlossen.
- Um das jeweils notwendige Sicherheitsniveau bei der Überwachung zu gewährleisten, ist die Auswerteeinheit mit der zugeordneten Hardware teilweise redundant aufgebaut. Auch die Software für die Auswerteeinheit weist einen dem Sicherheitsniveau entsprechenden Sicherheitsstandard auf. Schließlich ist zweckmäßigerweise auch das Bussystem als Sicherheitsbussystem ausgebildet.
- Im einfachsten Fall kann die Schutzzone 7 deckungsgleich mit dem von der Kamera 5 erfassten Überwachungsbereich sein.
- Zweckmäßigerweise ist die Schutzzone 7 auf die Bereiche innerhalb des Erfassungsbereichs 6 begrenzt, innerhalb derer eine Gefährdung für die Bedienpersonen zu befürchten ist. Bei dem in Figur 3 dargestellten Fall stellt die Schutzzone 7 einen dreidimensionalen Teilbereich des Erfassungsbereichs 6 dar, dessen längsseitige Grenze parallel zu den Biegelinien der Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 im Erfassungsbereich 6 verläuft, welche innerhalb der Schutzzone 7 liegen. Somit wird mit der Schutzzone 7 unmittelbar der gefahrbringende Bereich an den Ober- 3 und Unterwerkzeugen 4 erfasst.
- Zusätzlich zur Schutzzone 7 ist bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel eine Warnzone 8 vorgesehen. Die Warnzone 8 liegt im Vorfeld der Ober- 3 und Unterwerkzeuge 4 und schließt unmittelbar an die Schutzzone 7 an. Dabei weisen die Schutzzone 7 und die Warnzone 8 etwa dieselben Abmessungen und insbesondere etwa dieselben Querschnittsflächen auf.

Der Warnzone 8 ist über die Auswerteeinheit ein Warnausgang zugeordnet, welcher einen nicht dargestellten Warmmelder steuert. In der Auswerteeinheit wird erfasst, ob sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Warnzone 8 befindet oder nicht. In Abhängigkeit davon wird ein binäres Signal generiert, wobei der jeweilige Schaltzustand des Signals über den Warnausgang ausgegeben wird. Wird ein sicherheitskritisches Objekt in der Warnzone 8 registriert, so wird über den dadurch generierten Schaltzustand der Warmmelder aktiviert, so dass dieser ein akustisches und/oder optisches Warnsignal abgibt.

Dadurch wird der Bedienperson signalisiert, dass sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Warnzone 8 und damit in unmittelbarer Nähe zur Schutzzone 7 befindet. Insbesondere wird der Bedienperson signalisiert, dass deren Finger oder Hände in der Nähe der Schutzzone 7 sind, so dass die Bedienperson die drohende Gefahr einer Verletzung durch Entfernen ihrer Hände aus der Warnzone 8 beseitigen kann, ohne dass ein Eingriff in die Schutzzone 7 erfolgt, der zu einem unerwünschten Abschalten der Abkantpresse 1 führen würde.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Bewegungsrichtung eines sicherheitskritischen Objekts innerhalb der Warnzone 8 erfasst. Eine Aktivierung des Warmmelders erfolgt in diesem Fall zweckmäßigerweise nur dann, wenn sich ein sicherheitskritisches Objekt innerhalb der Warnzone 8 auf die Schutzzone 7 zu bewegt.

Prinzipiell kann ein von einer Kamera 5 erfasster Erfassungsbereich 6 jeweils in mehrere Schutzzonen 7 und Warnzonen 8 unterteilt sein. Dann ist jeweils einer Schutzzone 7 ein separater Schaltausgang und jeder Warnzone 8 ein separater Warnausgang zugeordnet.

Eine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels über die Auswerteeinheit erfolgt dann, wenn in wenigstens einer Schutzzone 7 wenigstens ein sicherheitskritisches Objekt registriert wird.

- 5 Je nach Anwendungsfall kann für jede Warnzone 8 ein separater Warnmelder vorgesehen sein. Alternativ kann ein Warnmelder mehreren Warnausgängen zugeordnet sein.

- 10 Die Schaltzustände der Schaltausgänge und der Warnausgänge können dabei in geeigneter Weise visualisiert sein, wobei hierfür geeignete Anzeigemittel vorgesehen sind.

- 15 Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 kann beispielsweise die Visualisierung nach Art einer Verkehrsampel erfolgen. Zeigt eine derartige Ampel rotes Licht an, so befindet sich ein sicherheitskritisches Objekt in der Schutzzone 7. Eine gelbe Signalanzeige entspricht einem sicherheitskritischen Objekt in der Warnzone 8 bei freier Schutzzone 7. Eine grüne Signalanzeige zeigt an, dass sich weder in der Schutzzone 7 noch in der Warnzone 8 ein sicherheitskritisches Objekt befindet.

- 20 Die Dimensionierung der Schutzzone 7 und/oder Warnzone 8 kann beispielsweise durch eine Eingabe von Parametern in die Auswerteeinheit erfolgen.

- 25 Beispielsweise kann die Auswerteeinheit zur Inbetriebnahme und Konfigurierung der Schutzeinrichtung an einen Rechner, beispielsweise einen PC, angeschlossen werden. Die Eingabe der Parameter der Schutzzeiten 7 und/oder Warnzeiten 8 kann dann graphisch mit der Maus des PCs erfolgen.

- 30 Alternativ können die Schutzzeiten 7 und/oder Warnzeiten 8 durch einen Einlernvorgang vor der Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung dimensioniert werden.

Desweiteren können bei den genannten Konfigurierungsmöglichkeiten auch Bereiche innerhalb des Erfassungsbereichs 6 definiert werden, die bei der Überwachung durch Ausblendung ausgenommen sind. Dabei können diese Bereiche insbesondere mit den Schutzzonen 7 überlappen. In der nachfolgenden Betriebsphase der Schutzeinrichtung werden diese Bereiche vorzugsweise zu vorgegebenen Zeiten aktiviert. Während dieser Zeiten erfolgt dann bei Eindringen eines sicherheitskritischen Objekts in einen derartigen Bereich weder ein Außerbetriebsetzen des Arbeitsmittels noch die Abgabe eines Warnsignals.

Die Definition derartiger Bereiche ist insbesondere dann sinnvoll, wenn beispielsweise bei einem Arbeitsmittel in vorgegebenen Zeitintervallen gefahrbringende Werkzeuge außer Betrieb gesetzt werden, so dass in deren Umgebung für diese Zeitintervalle keine Gefährdung des Bedienpersonals zu befürchten ist.

Die Definition der Schutzzonen 7 und Warnzonen 8 während der Konfiguration erfolgt zweckmäßigerweise applikationsspezifisch und insbesondere angepasst an die jeweilige Form der mit dem Arbeitsmittel zu bearbeitenden Werkstücke 2.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 1 – 3 werden insbesondere Blechteile gebogen. Deren Geometrien können als CAD-Datenfiles in die Auswerteeinheit eingelesen werden, so dass in Abhängigkeit hiervon geeignete Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 definierbar sind.

Besonders vorteilhaft werden mit derartigen CAD-Datenfiles auch die Bereiche eingelesen, in welchen die Bedienperson das Biegeteil zur Bearbeitung halten darf. Die Schutzzonen 7 und Warnzonen 8 können dann davon angepasst ausgebildet sein.

Besonders vorteilhaft werden dann mittels optischer Lichtstrahlen der Bedienperson die Grenzen der jeweiligen Schutzzonen 7 angezeigt. Hiervon ist in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Sender vorgesehen, der von der Auswerteeinheit angesteuert wird und der Lichtstrahlen im sichtbaren Bereich emittiert.

5 Mit den optischen Lichtstrahlen werden insbesondere geradlinig verlaufende Grenzen der Schutzzonen 7 visualisiert.

Schließlich können bei der Konfigurierung der erfindungsgemäßen Schutzeinrichtung während eines Einlernvorgangs sicherheitskritische und/oder nicht sicherheitskritische Objekte eingelernt werden.

10

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird mit einer Kamera 5 fortlaufend ein Erfassungsbereich 6 erfasst, wobei die in der Kamera 5 erzeugte Bildinformation in die Auswerteeinheit eingelesen wird.

15

Gemäß einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Auswertung der Bildinformationen mittels einer Farbmerkmalsanalyse.

Die Bildinformationen der Kamera 5 werden dann als Farbwerte in die Auswerteeinheit eingelesen. Anhand der Farbmerkmalsanalyse erfolgt eine Unterscheidung von sicherheitskritischen und nicht sicherheitskritischen Objekten.

20

Jedes Bild der Kamera 5 ist von einer Matrix von Pixeln gebildet, wobei jedem Pixel bestimmte Farbwerte der Grundfarben Rot, Grün und Blau zugeordnet sind.

25

Die Bewertung dieser Bilder erfolgt mittels einer Schwellwerteeinheit, die Bestandteil eines neuronalen Netzwerks ist. Prinzipiell können die Farbwerte der verschiedenen Grundfarben jeweils mit separaten in der Schwellwerteeinheit generierten Schwellwerten bewertet werden.

30

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird für jedes Pixel eines Bildes in der Auswerteeinheit eine Linearkombination der einzelnen Farbwerte der Grundfarben gebildet, wobei die einzelnen Farbwerte mit in der Auswerteeinheit abgespeicherten oder über diese vorgebbaren Gewichtungsfaktoren gewichtet werden. Diese Linearkombination wird mit einem in der Schwellwerteeinheit generierten Schwellwert bewertet. Dadurch wird aus dem in der Kamera 5 generierten farbigen Bild ein Binärbild erzeugt. Der Schwellwert und die Gewichtungsfaktoren sind so angepasst, dass die sicherheitskritischen Objekte beispielsweise helle Bereiche von Vordergrundpixeln bilden, die sich von einem dunklen Hintergrund von Hintergrundpixeln abheben.

Die Bestimmung des Schwellwerts und der Gewichtungsfaktoren erfolgt zweckmäßigerweise während des Einlernvorgangs. Während dieses Einlernvorgangs werden die Farben der sicherheitskritischen Objekte eingelernt. Vorzugsweise sind die dabei sicherheitskritischen Objekte von den Händen und/oder Fingern der Bedienperson, die das Arbeitsmittel bedient, gebildet.

Prinzipiell können auch die Hände und/oder Finger mehrerer Personen eingelernt werden.

Alternativ wird für den Fall, dass die sicherheitskritischen Objekte von Personen gebildet sind, gefordert, dass diese Schutzkleidung mit einer vorgegebenen Farbe tragen. Dann werden die Parameter für die Bildauswertung an die Farbe dieser Schutzkleidung angepasst.

In den mittels der Schwellwerteeinheit generierten Binärbildern bilden die sicherheitskritischen Objekte zusammenhängende Bereiche von Vordergrundpixeln, die sich von einem Untergrund von Hintergrundpixeln abheben. Die Hintergrundpixel sind von nicht sicherheitskritischen Objekten wie den Werkstücken 2 und dem Arbeitsmittel gebildet.

An isolierten Punkten kann das Binärbild durch Pixelfehler verrauscht sein, so dass vereinzelt Vorderpixel im Bereich des Untergrundes entstehen. Diese Pixelfehler können durch Anwendung morphologischer Operatoren eliminiert werden. Dabei werden isolierte Bereiche von Vordergrundpixeln, deren Flächen unterhalb einer vorgegebenen Mindestfläche liegen, eliminiert. Diese Mindestflächen sind so gewählt, dass diese signifikant kleiner als die Fläche des kleinsten zu detektierenden sicherheitskritischen Objektes sind.

Gemäß einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Erkennung von sicherheitskritischen Objekten innerhalb der Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 durch einen Vergleich der von der Kamera 5 erzeugten und in die Auswerteeinheit eingelesenen Bilder mit Referenzbildern, die in der Auswerteeinheit abgespeichert sind.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden vor diesem Vergleich die Bilder und Referenzbilder in binäre Kantenbilder gewandelt. Hierzu werden die Beträge der Gradienten der Helligkeitsverteilungen eines Bildes oder Referenzbildes ausgewertet, wobei die Auswertung vorzugsweise mit geeigneten Schwellwerten erfolgt. Die so erzeugten binären Kantenbilder enthalten Strukturen von Linien auf einem homogenen Hintergrund, wobei die Linien den Kanten der im Erfassungsbereich 6 befindlichen Objekte entsprechen.

Durch diese Auswertung wird die Detektion der Objekte weitgehend unabhängig von den jeweiligen Beleuchtungsverhältnissen, so dass Helligkeitsschwankungen wie zum Beispiel wechselnde Sonneneinstrahlungen nicht zu Fehldetektionen führen.

Zur weiteren Erhöhung der Nachweisempfindlichkeit wird vorteilhafterweise die Schutzzone 7 wenigstens teilweise durch ein Referenzobjekt mit einem definierten Kontrastmuster begrenzt. Beispielsweise kann das Referenzobjekt von einer Platte mit einem charakteristischen Oberflächenmuster gebildet sein,

die an der Abkantpresse 1 unterhalb eines Unterwerkzeuges 4 so angebracht ist, dass sie im Blickfeld der Kamera 5 liegt. Das Oberflächenmuster der Platte kann beispielsweise als farbiges Streifenmuster ausgebildet sein, so dass es sich deutlich von den Farbmustern der sicherheitskritischen Objekte abhebt.

5

Durch den Vergleich der aktuellen Bilder mit dem Referenzbild, welches das Referenzobjekt enthält, können dann die sicherheitskritischen Objekte in der Schutzzone 7 mit einer hohen Detektionssicherheit erfasst werden.

10 Bei diesem Verfahren erfolgt keine Merkmalsanalyse der in die Schutzzone 7 eindringenden Objekte, so dass jedes in die Schutzzone 7 eindringendes Objekt als sicherheitskritisches Objekt erkannt wird.

Bei der Bearbeitung von Werkstücken 2 mittels des Arbeitsmittels können insbesondere diese Werkstücke 2 zu vorgegebenen Zeiten in die Schutzzone 7 eindringen, wobei dabei eine Außerbetriebsetzung des Arbeitsmittels unerwünscht ist.

15

Beispielsweise muss die Bedienperson an einer Abkantpresse 1 ein als Biege-
20 teil ausgebildetes Werkstück 2 zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 einführen und bearbeiten können, ohne dass die Abkantpresse 1 unnötig über die Schutzeinrichtung abgeschaltet wird.

20

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden daher in einem
25 Einlernvorgang vor Inbetriebnahme der Abkantpresse 1 die einzelnen Bearbeitungsschritte der Bearbeitung eines Werkstückes 2 mit der Kamera 5 erfasst, wobei für einzelne Phasen der Bearbeitung Referenzbilder aufgenommen und abgespeichert werden. Die Referenzbilder enthalten dabei insbesondere das Werkstück 2 in unterschiedlichen Bearbeitungspositionen.

30

In der auf die Einlernphase folgenden Betriebsphase des Arbeitsmittels werden dann dieselben Bearbeitungsschritte wieder von der Kamera 5 erfasst. Durch Vergleich der dabei erfassten Bilder mit den jeweiligen Referenzbildern kann das Eindringen von sicherheitskritischen Objekten, wie zum Beispiel den Hän-

5 den oder Fingern einer Person sicher erfasst werden. Dabei können für die einzelnen Bearbeitungsschritte die jeweiligen Schutzzonen 7 und/oder Warnzonen 8 zeitlich veränderbar gewählt werden.

Besonders vorteilhaft hierbei ist, dass durch den Vergleich mit den jeweiligen

10 Referenzbildern sicherheitskritische Objekte von dem ein nicht sicherheitskritisches Objekt bildenden Werkstück 2 unterschieden werden können. Demzufolge führt das innerhalb der Schutzzone 7 liegende Werkstück 2 nicht zu einem unnötigen Abschalten der Abkantpresse 1 durch die Schutteinrichtung. Durch eine geeignete zeitabhängige Dimensionierung der Schutzzonen 7 und/oder

15 Warnzonen 8 kann der Detektionsbereich an die sich verändernden Randbedingungen flexibel angepasst werden.

Ein derartiger Verfahrensablauf kann beispielsweise folgende Verfahrensschritte umfassen:

20 Vor Inbetriebnahme wird während der Einlernphase ein kompletter Bearbeitungsprozess mit einem Werkstück 2 in der Abkantpresse 1 durchgeführt.

Zuerst legt die Bedienperson das Werkstück 2 in die Abkantpresse 1 ein, so dass dieses innerhalb der Abkantpresse 1 liegen bleibt. Hierzu kann gegebenenfalls eine Haltevorrichtung verwendet werden. Da in dieser Phase das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 deaktiviert sind, wird die Schutzzone 7 so dimensioniert, dass das Bedienpersonal in den Bereich zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 greifen darf. Insbesondere kann in diesem Fall die Schutzzone 7 auch über-

25 brückt und komplett deaktiviert werden.

30

Danach entfernt die Bedienperson ihre Hände vom Werkstück 2 und der Biege-
geline zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4, so dass ein vorgegebener Si-
cherheitsabstand überschritten wird. Während dieses Bearbeitungsschrittes
wird die Schutzzone 7 in der Auswerteeinheit so dimensioniert, dass diese den
Bereich des Ober- 3 und Unterwerkzeugs 4 bis zu diesem Sicherheitsabstand
umfasst.

Mittels eines Fußschalters wird dann das Oberwerkzeug 3 gegen das Unter-
werkzeug 4 gesenkt, bis das Werkstück 2 ohne Spiel zwischen Unter- und
Oberwerkzeug 3 liegt. Somit kann die Bedienperson ihre Hände oder Finger
nicht mehr zwischen das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 einführen, so dass dann
von der Abkantpresse 1 keine Gefahr mehr für die Bedienperson ausgeht.

Die Bedienperson kann somit gefahrlos das Werkstück 2 manuell an der Ab-
kantpresse 1 ausrichten. Sobald die Ausrichtung erfolgt ist wird als erstes Refe-
renzbild das in der Abkantpresse 1 ausgerichtete Werkstück 2 mit dem Ober- 3
und Unterwerkzeug 4 aufgenommen und in der Auswerteeinheit abgespeichert.

Anschließend wird der Biegevorgang ausgelöst, wodurch das Werkstück 2 auf-
gebogen wird. Das freie Ende des Werkstücks 2 wird dabei bis zu einer Zwi-
schenposition nach oben aufgebogen. Der Biegevorgang wird nur so weit
durchgeführt, dass zwischen dem freien Ende des Werkstückes 2 und dem
Oberwerkzeug 3 ein hinreichend großer Abstand verbleibt, so dass dort keine
Gefahr von Verletzungen der Bedienperson durch einen sogenannten Ober-
wangenklemmer besteht.

In dieser Position wird ein zweites Referenzbild aufgenommen und abgespei-
chert, wobei das Referenzbild die Positionen des Oberwerkzeugs 3 und des
Werkstückes 2 enthält.

Während dieser Vorgänge besteht keine Gefahr von Verletzungen der Bedienperson, so dass die Schutzzone 7 entsprechend klein gewählt werden kann.

- 5 Schließlich wird der Biegevorgang des Werkstückes 2 vollendet, wobei dabei die Bedienperson ihre Hände aus dem Bereich des Werkstückes 2 entfernen muss, da nun wieder die Gefahr von Verletzungen besteht. Vorteilhafterweise wird in dieser Phase wieder eine größere Schutzzone 7 vorgegeben, welche an den einzuhaltenden Sicherheitsabstand angepasst ist.
- 10 Nach Abschluss dieses Einlernvorgangs wird die Abkantpresse 1 in Betrieb genommen, wobei die Bearbeitung des Werkstückes 2 in derselben Bearbeitungsabfolge durchgeführt wird, die während des Einlernvorgangs eingelehrt wurde.
- 15 Somit legt die Bedienperson zuerst das Werkstück 2 zwischen das Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 ein, die zu diesem Zeitpunkt deaktiviert sind. Die Schutzzone 7 ist dabei so dimensioniert, dass dieser Eingriff nicht zu einem Abschalten der Abkantpresse 1 führt.
- 20 Im nächsten Bearbeitungsschritt wird mittels des Fußschalters das Oberwerkzeug 3 abgesenkt, bis das Werkstück 2 ohne Spiel zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 liegt. In dieser Phase ist die Schutzzone 7 so dimensioniert, dass der Eingriff in den Bereich der Biegelinie zu einem Abschalten der Abkantpresse 1 führt.
- 25 Anschließend kann das Bedienpersonal ohne Verletzungsgefahr das zwischen Ober- 3 und Unterwerkzeug 4 liegende Werkstück 2 ausrichten, wobei durch die aktuelle Ausbildung der Schutzzone 7 ein manueller Zugriff auf das Werkstück 2 nicht zum Abschalten der Abkantpresse 1 führt.
- 30

Sobald das Werkstück 2 ausgerichtet ist wird der Biegevorgang ausgelöst. Die Freigabe des Biegevorgangs erfolgt dabei nur dann, wenn die aktuellen in der Kamera 5 aufgenommenen Bilder mit dem Referenzbild, welches das ausgerichtete Werkstück 2 enthält, übereinstimmen.

5

Während des anschließenden Aufbiegens des Werkstückes 2 bis zur Zwischenposition kann die Bedienperson das Werkstück 2 wieder manuell führen.

10

Das Erreichen der Zwischenposition wird durch Vergleich der aktuellen Bilder der Kamera 5 mit dem zweiten Referenzbild überprüft.

15

Während des Vollendens des Biegevorgangs aus der Zwischenposition heraus führt ein Eingriff der Bedienperson in den Bereich des Werkstückes 2 wieder zu einem Abschalten der Abkantpresse 1.

20

Zur Funktionsüberprüfung der erfindungsgemäßen Schutteinrichtung wird in vorgegebenen Zeitabständen ein Selbsttest durchgeführt. Vorteilhafterweise wird der Selbsttest periodisch und automatisch, dass heißt ohne externe Aktivierung, durchgeführt.

25

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird sowohl ein statischer als auch ein dynamischer Selbsttest durchgeführt.

30

Bei dem statischen Selbsttest wird im wesentlichen abgeprüft, ob bei den von der Kamera 5 generierten Bildern vorgegebene Fixpunkte vorhanden sind. Bei einem Fehlen oder einer Veränderung derartiger Fixpunkte wird eine Fehlermeldung generiert und das Arbeitsmittel außer Betrieb gesetzt.

Bei diesem statischen Selbsttest wird ausgenutzt, dass die Kamera 5 an der Halterung positionsgenau bleibend ausgerichtet ist, so dass bestimmte Objekte, wie zum Beispiel Teile des Arbeitsmittels oder andere Maschinen, Gebäude-

wände oder dergleichen unverändert innerhalb des von der Kamera 5 erfassten Erfassungsbereichs 6 angeordnet sind. Während eines Einlernvorgangs vor der Inbetriebnahme der Schutteinrichtung werden derartige Objekte als Fixpunkte eingelernt und in der Auswerteeinheit abgespeichert.

5

Mit diesem statischen Selbsttest ist insbesondere die Funktionsfähigkeit der optischen Komponenten einer Kamera 5 überprüfbar.

Bei dem dynamischen Selbsttest wird zu vorgegebenen Zeiten ein definiertes, vorzugsweise sicherheitskritisches Testobjekt in den Bereich einer Schutzzone 7 eingebracht. Wird dieses Testobjekt zu den vorgegebenen Zeiten nicht erkannt, so wird das Arbeitsmittel nicht in Betrieb genommen oder, falls es in Betrieb ist, außer Betrieb gesetzt.

Dieser dynamische Selbsttest wird zweckmäßigerweise jeweils vor der Inbetriebnahme der Schutteinrichtung durchgeführt. Prinzipiell ist der dynamische Selbsttest auch während des Betriebs der Schutteinrichtung durchführbar. Jedoch muss dann gewährleistet sein, dass anhand des Eingrifforts des Testobjekts oder dessen Ausbildung dieses von den sicherheitskritischen Objekten, die während des Betriebs der Schutteinrichtung zu erfassen sind, unterscheidbar ist. Dann erfolgt der Nachweis des Testobjekts unabhängig von der Detektion der sicherheitskritischen Objekte und führt somit zu keiner Beeinträchtigung der Nachweissicherheit der Schutteinrichtung.

Die Figuren 4 und 5 zeigen Ausführungsbeispiele, bei welchen das von der erfindungsgemäßen Schutteinrichtung überwachte Arbeitsmittel von einer Druckmaschine 9 gebildet ist.

Figure 4 zeigt eine Druckmaschine 9 mit einem Anleger 10 und einem Ausleger. Der Anleger 10 bildet den Einzugsbereich, in dem Papierbögen von Papierstapeln 11 abgezogen werden und in die Druckvorrichtung der Druckmaschine 9

eingezogen werden. Die einzelnen Papierstapel 11 werden dabei auf Paletten über einen ersten Kettenförderer 12 dem Anleger 10 zugeführt. Im Bereich des Anlegers 10 werden die Papierstapel 11 auf einer Rollenbahn 13 transportiert. Nach der Bedruckung der Papierbögen werden diese in Papierstapeln 11, die auf Paletten gestapelt sind, im Auslegerbereich über einen zweiten Kettenförderer 14 von der Druckmaschine 9 abtransportiert. In den Bereichen der Kettenförderer 12, 14 und des Anlegers 10 besteht durch die Fahrbewegungen der Paletten mit den Papierstapeln 11 eine Gefahr von Verletzungen für das Bedienpersonal.

Bei bekannten Druckmaschinen 9 erfolgt die Absicherung dieser Erfassungsbereiche 6 durch eine Umzäunung, die den Zugriff des Bedienpersonals komplett verhindert. Dadurch wird jedoch die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der Druckmaschine 9 unnötig stark eingeschränkt. Insbesondere ist es nicht oder nur erschwert möglich, nicht sicherheitskritische Objekte im Erfassungsbereich 6 zu positionieren.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist eine Kamera 5 oberhalb der Druckmaschine 9 so montiert, dass der von dieser erfasste Erfassungsbereich 6 die Bereiche des Anlegers 10 und der Kettenförderer 12, 14 umfasst.

Die Funktionsweise der Überwachung mittels der Kamera 5 erfolgt analog zu den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 – 3. Insbesondere wird der Erfassungsbereich 6 wieder in geeigneter Weise in Schutzzonen 7 und gegebenenfalls in Warnzonen 8 unterteilt, innerhalb derer sicherheitskritische Objekte erfassbar sind.

Figur 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Schutzeinrichtung an einer Druckmaschine 9. Die Druckmaschine 9 entspricht dabei der Druckmaschine 9 gemäß Figur 4. Im Unterschied zur Schutzeinrichtung gemäß Figur 4 weist die Schutzeinrichtung gemäß Figur 5 zwei Kameras 5 auf. Der von der ersten Ka-

mera 5 erfasste Erfassungsbereich 6 umfasst den ersten Kettenförderer 12 für die Zufuhr von Papierstapeln 11 zur Druckmaschine 9.

5 Der von der zweiten Kamera 5 erfasste Erfassungsbereich 6 umfasst den zweiten Kettenförderer 14 für den Abtransport von Papierstapeln 11 von der Druckmaschine 9.

Die von den Kameras 5 erfassten Erfassungsbereiche 6 sind dabei so dimensioniert, dass deren Breiten größer als die Breiten der Kettenförderer 12, 14 sind. Auf diese Weise können sicherheitskritische Objekte bereits erfasst werden, bevor diese in den Bereich der Kettenförderer 12, 14 eingedrungen sind. Zur Orientierung des Bedienpersonals können die Grenzen der Schutzzonen 7 innerhalb der Erfassungsbereiche 6 durch Linien auf dem Boden der Halle, in der die Druckmaschine 9 angeordnet ist, markiert sein.

15 Zweckmäßigerweise werden bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 4 und 5 vor Inbetriebnahme der Schutteinrichtung die auf den Paletten zu transportierenden Papierstapel 11 als nicht sicherheitskritische Objekte in der Auswerteeinheit eingelernt und abgespeichert.

20 Figur 6 zeigt einen Anleger 10 einer Druckmaschine 9, welcher von einer Schutteinrichtung mit einer Kamera 5 überwacht wird. Die Ausbildung der Druckmaschine 9 entspricht der Druckmaschine 9 gemäß den Figuren 4 und 5.

25 Der Anleger 10 besteht im wesentlichen aus einem Rahmen 15, innerhalb dessen ein Papierstapel 11 angeordnet ist. Von der Oberseite des Papierstapels 11 wird mittels eines Greifers 16 der Papiereinzug von Papierbögen in die nicht dargestellte Druckvorrichtung der Druckmaschine 9 bewerkstelligt.

30 Die Kamera 5 ist oberhalb des Anlegers 10 angebracht, so dass der von der Kamera 5 erfasste Erfassungsbereich 6 die Oberseite des Papierstapels 11 und

den Greifer 16 umfasst. Die Schutzzone 7 innerhalb des Erfassungsbereichs 6 wird so dimensioniert, dass der Arbeitsbereich des Greifers 16, der für das Bedienpersonal gefahrbringende Bewegungen ausführt, vollständig erfasst wird.

5 Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schutzeinrichtung, die zur Überwachung des Vorfelds eines als Arbeitsroboters ausgebildeten Arbeitsmittels dient. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Arbeitsroboter von einem Schweißroboter 17 gebildet.

10 Der Schweißroboter 17 befindet sich in einer eingezäunten Fertigungszelle 18 mit einer Einzäunung 19, die eine Zugangsöffnung 20 aufweist. Über die Zugangsöffnung 20 werden Gegenstände in die Fertigungszelle 18 eingebracht und aus dieser abtransportiert. Zudem hat das Bedienpersonal über diese Zugangsöffnung 20 Zugang zu der Fertigungszelle 18. Der Bereich der Zugangsöffnung 20 bildet den Erfassungsbereich 6, der mit der Kamera 5 der Schutz-

15 einrichtung erfasst wird.

Der Erfassungsbereich 6, der wiederum in geeigneter Weise in eine oder mehrere Schutzzeiten 7 sowie gegebenenfalls Warnzeiten 8 unterteilt ist, befindet sich in Abstand zum Arbeitsbereich des Schweißroboters 17. Dadurch kann bei

20 Eingriff eines sicherheitskritischen Objekts in eine Schutzzone 7 der Schweißroboter 17 rechtzeitig außer Betrieb gesetzt werden, bevor das sicherheitskritische Objekt durch die Schutzzone 7 zum Schweißroboter 17 gelangen kann. Die sicherheitskritischen Objekte sind in diesem Fall von Personen gebildet.

25 Nicht sicherheitskritische Objekte, wie zum Beispiel Werkstücke 2, die in eine Schutzzone 7 eindringen können werden vorzugsweise vor der Inbetriebnahme der Schutzeinrichtung eingelesen und in der Auswerteeinheit abgespeichert.